

**Control circuit for LED and corresponding operating method**

Patent Number: ☐ [US6400101](#)  
Publication date: 2002-06-04  
Inventor(s): HIRSCHMANN GUENTHER (DE); BIEBL ALOIS (DE); SCHELLHORN FRANZ (DE)  
Applicant(s): PATRA PATENT TREUHAND (DE)  
Requested Patent: ☐ [DE19930174](#)  
Application Number: US20010762685 20010212  
Priority Number(s): DE19991030174 19990630; WO2000DE00989 20000401  
IPC Classification: G05F1/00  
EC Classification: [H05B33/08D2S](#)  
Equivalents: CA2341657, ☐ [EP1118251](#) (WO0103474), JP2003504797T, ☐ [WO0103474](#)

---

**Abstract**

---

The drive circuit is suitable for an LED array, comprising a number of clusters of LEDs, with one cluster comprising a number of LEDs which are arranged in series and are connected to a supply voltage (UBatt). A semiconductor switch (transistor T) is arranged in series between the LED and the supply voltage and allows the LED current to be supplied in a pulsed manner. A measurement resistor (Rshunt) for measuring the LED current is arranged in series between the LED and ground, with a control loop controlling the semiconductor switch such that a constant mean value of the LED current is achieved

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 199 30 174 A 1

51 Int. Cl. 7:  
H 05 B 37/02

21 Aktenzeichen: 199 30 174.3  
22 Anmeldetag: 30. 6. 1999  
43 Offenlegungstag: 4. 1. 2001

71 Anmelder:  
Patent-Treuhand-Gesellschaft für elektrische  
Glühlampen mbH, 81543 München, DE

72 Erfinder:  
Biebl, Alois, 93358 Train, DE; Schellhorn, Franz,  
93049 Regensburg, DE; Hirschmann, Günther,  
81735 München, DE

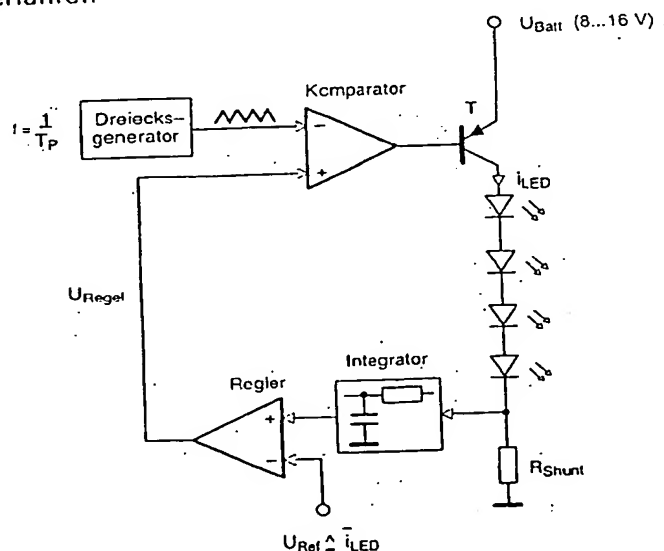
56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE 197 48 446 A1  
DE 197 11 885 A1  
DE 39 11 293 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Ansteuerschaltung für LED und zugehöriges Betriebsverfahren

57 Die Ansteuerschaltung ist für ein LED-Array geeignet, bestehend aus mehreren Strängen von LEDs, wobei ein Strang aus mehreren in Serie angeordneten LEDs besteht, die an eine Versorgungsspannung ( $U_{\text{Batt}}$ ) angeschlossen sind. Zwischen LED und Versorgungsspannung ist ein Halbleiterschalter (Transistor T) in Serie angeordnet, der es ermöglicht, den LED-Strom getaktet zuzuführen. Zwischen LED und Masse ist ein Meßwiderstand  $R_{\text{Shunt}}$  für die Messung des LED-Stroms in Serie angeordnet, wobei ein Regelkreis den Halbleiterschalter so regelt, daß ein konstanter Mittelwert des LED-Stroms erzielt wird.



DE 199 30 174 A 1

DE 199 30 174 A 1

## Beschreibung

## Technisches Gebiet

Die Erfindung geht aus von einer Ansteuerschaltung für LED und zugehöriges Betriebsverfahren gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Es geht dabei insbesondere um die Reduzierung der Ansteuerverlustleistung bei Leuchtdioden (LEDs) mittels einer getakteten LED-Ansteuerschaltung.

## Stand der Technik

Bei der Ansteuerung von Leuchtdioden (LEDs) werden in der Regel Vorwiderstände zur Strombegrenzung eingesetzt, siehe beispielsweise US-A 5 907 569. Ein typischer Spannungsabfall an Leuchtdioden ( $U_F$ ) liegt bei einigen Volt (beispielsweise ist bei Power TOPLED  $U_F = 2,1$  V). Der bekannte Vorwiderstand  $R_V$  in Reihe zur LED (siehe Fig. 1), erzeugt besonders dann eine hohe Verlustleistung, wenn die Batteriespannung  $U_{Batt}$  hohen Spannungsschwankungen (wie im Kfz. üblich) unterliegt. Der Spannungsabfall an der LED bleibt auch bei derartigen Spannungsschwankungen noch konstant, d. h. die restliche Spannung fällt am Vorwiderstand  $R_V$  ab. Somit wird  $R_V$  abwechselnd mehr oder weniger stark belastet. In der Praxis werden meist mehrere LEDs in Reihe (Strang) geschaltet, um eine bessere Effizienz in der Ansteuerung zu erreichen (Fig. 2). Je nach Bordnetz (12 V oder 42 V) können dementsprechend viele LEDs zu einem Strang zusammengefaßt werden. Im 12 V-Bordnetz gibt es eine untere Grenze der Batteriespannung  $U_{Batt}$ , bis zu der gesetzlich vorgeschriebene Sicherheitseinrichtungen (z. B. Warmlinkanlage) funktionsfähig sein müssen. Sie beträgt 9 Volt. Das heißt es können hier bis zu 4 Power TOPLEDs zu einem Strang zusammengefaßt werden ( $4 \times 2,1$  V = 8,4 V).

Die Verlustleistung im Vorwiderstand wird in Wärme umgewandelt, was zu einer zusätzlichen Erwärmung – neben der Eigenerwärmung der LEDs im Strang – führt.

Das technische Problem besteht darin, die zusätzliche Erwärmung (Ansteuerverlustleistung durch die Vorwiderstände) zu eliminieren. Dafür gibt es mehrere Gründe. Zum ersten entstehen enorme Verluste im Vorwiderstand; dies kann bei größeren LED-Arrays zu mehreren Watt Verlustleistung führen. Zum zweiten schränkt gerade diese Erwärmung durch Vorwiderstände den Betriebsbereich der LEDs ein. Bei einer erhöhten Umgebungstemperatur  $T_A$  muß der maximale Durchlaßstrom  $I_F = f(T_A)$  verringert werden, um die LEDs vor Zerstörung zu schützen. D. h. der maximale Durchlaßstrom  $I_F$  darf nicht über den gesamten Bereich der Umgebungstemperatur von 0 bis 100°C konstant gehalten werden. Zusätzlich kommt beim Betrieb von LEDs mit Vorwiderständen noch als Problem die schwankende Versorgungsspannung hinzu, wie es bei Automobilen (Schwankung von 8 bis 16 V im 12 V-Bordnetz; Schwankung von 30 bis 60 V im zukünftigen 42 V-Bordnetz) häufig der Fall ist. Schwankende Versorgungsspannungen führen zu schwankenden Durchlaßströmen  $I_F$ , was dann unterschiedliche Leuchtdichten und damit verbunden Helligkeitsschwankungen bei den LEDs hervorruft.

Bisher wurden zur Begrenzung des Durchlaßstroms durch die LEDs immer Vorwiderstände eingesetzt. In den meisten Fällen wurde für alle Vorwiderstände eine gemeinsame Platine verwendet und diese, wenn möglich, in einem geeigneten Abstand zu den LEDs montiert. Dieser Abstand wurde so ausgewählt, daß die Erwärmung der Vorwiderstände  $R_V$  keinen Temperatureinfluß auf die LEDs nahmen.

Ein weiteres Problem ist die Wahl des maximalen Durchlaßstroms  $I_F$  von LEDs. Beim Betrieb von LEDs mit Vorwi-

derständen  $R_V$  kann nicht der maximal zulässige Durchlaßstrom  $I_F$  gewählt werden, da bei einer höheren Umgebungstemperatur  $T_A$  der Durchlaßstrom verringert werden muß. Man wählt deshalb einen Durchlaßstrom  $I_F$ , der kleiner ist als der maximal zulässige (Fig. 3). Auf diese Weise wird zwar der Temperaturbereich zum Betreiben der LEDs vergrößert, aber der Durchlaßstrom  $I_F$  wird nicht optimal ausgenützt. Am Beispiel von Fig. 3 (Power TOPLED, Typ LA E675 der Fa. Siemens) sieht man den Durchlaßstrom  $I_F$  in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur  $T_A$ . Der maximale Durchlaßstrom  $I_F$  darf hier 70 mA bis zu einer Umgebungstemperatur von 70°C betragen. Ab einer Umgebungstemperatur von 70°C muß dann der Durchlaßstrom  $I_F$  linear verringert werden bis er bei der maximal zulässigen Umgebungstemperatur von 100°C nur noch 25 mA beträgt. Für die optimale Ausnutzung dieser Betriebsweise von LEDs müßte ein variabler Vorwiderstand  $R_V$  eingesetzt werden.

Ein weiteres Problem sind Spannungsschwankungen. Bis jetzt gibt es keine Ansteuerschaltungen für LEDs, die sich im praktischen Einsatz befinden, um die Spannungsschwankungen und somit Durchlaßstromschwankungen (Helligkeitsschwankungen) zu verhindern. Sie müssen daher notgedrungen toleriert werden.

## Darstellung der Erfindung

Es ist Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Ansteuerschaltung für LED gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bereitzustellen, die möglichst wenig Abwärme und Verlustleistung erzeugt.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Besonders vorteilhafte Ausgestaltungen finden sich in den abhängigen Ansprüchen.

Um den Vorwiderstand  $R_V$  und damit die große Ansteuerverlustleistung zu eliminieren, wird mit einer getakteten LED-Ansteuerung gearbeitet. Fig. 4a zeigt das Prinzip einer getakteten Stromregelung für LEDs. Ein Halbleiterschalter, beispielsweise ein strombegrenzender Leistungsschalter oder bevorzugt ein Transistor T (insbesondere vom pnp-Typ, aber auch der npn-Typ ist geeignet, wenn zusätzlich eine Ladepumpe zur Ansteuerung verwendet wird), ist mit seinem Emittor an die Versorgungsspannung  $U_{Batt}$  (insbesondere Batteriespannung im Automobil) angeschlossen. Ist der Transistor T leitend, fließt ein Strom  $i_{LED}$  durch den LED-Strang (der hier beispielsweise aus vier LEDs besteht), und zwar so lang, bis durch einen Komparator der Transistor T wieder abgeschaltet wird. Der Komparator ist mit seinem Ausgang an die Basis des Transistors angeschlossen. Der eine (positive) Eingang des Komparators ist an eine Regelspannung, der zweite (negative) Eingang des Komparators an einen Frequenzgenerator (bevorzugt Dreiecksgenerator mit Pulsdauer  $T_p$  und dementsprechend Frequenz  $1/T_p$ , da dieser besonders gute elektromagnetische Verträglichkeit beizubehalten, aber auch andere Pulsformen wie Sägezahn sind möglich) angeschlossen. Ist die aktuelle Amplitude der Dreiecksspannung  $U_D$  am Komparator größer als die Regelspannung  $U_{Regel}$ , wird der Transistor T eingeschaltet. Es fließt der Strom  $i_{LED}$ . Sinkt die aktuelle Amplitude der Dreiecksspannung unter den konstanten Wert der Regelspannung  $U_{Regel}$  am Komparator, wird der Transistor T wieder ausgeschaltet. Dieser Rhythmus wiederholt sich regelmäßig mit der Frequenz  $f$ , mit der der Dreiecksgenerator arbeitet.

Auf diese Weise wird der über die LEDs fließende Strom getaktet (Fig. 4b). Die Rechteckpulse besitzen eine Pulsbreite, die einem Bruchteil von  $T_p$  entspricht. Der Abstand zwischen den ansteigenden Flanken zweier Pulse entspricht  $T_p$ .

Die LEDs liegen in Serie mit einem Mittel zum Messen

des Stroms (insbesondere ein Meßwiderstand  $R_{\text{Shunt}}$  zwischen LEDs und Masse (Fall 1) oder auch zwischen Halbleiterschalter (Transistor T) und Kleinnme der Versorgungsspannung  $U_{\text{Batt}}$  (Fall 2)). Der getaktete Strom  $i_{\text{LED}}$  wird am Meßwiderstand  $R_{\text{Shunt}}$  abgegriffen. Anschließend wird über ein Hilfsmittel der Mittelwert des Stroms  $i_{\text{LED}}$  gebildet. Das Hilfsmittel ist beispielsweise ein Integrationsmittel (im Fall 1), bevorzugt ein RC-Tiefpaß, oder ein Differenzverstärker (im Fall 2). Dieser Mittelwert dient als IST-Wert für eine Stromregelung, der einem Regler (beispielsweise ein PI- oder PID-Regler) als Eingangswert zur Verfügung gestellt wird. Ein SOLL-Wert, in Form einer Referenzspannung ( $U_{\text{Ref}}$ ), für die Stromregelung wird ebenfalls dem Regler als zweiter Eingangswert zur Verfügung gestellt. Die Regelspannung  $U_{\text{Regel}}$  am Ausgang des Reglers wird vom Regler so eingestellt, daß der IST-Wert immer möglichst gut dem SOLL-Wert (spannungsmäßig) entspricht. Wenn sich bei Schwankungen die Versorgungsspannung  $U_{\text{Batt}}$  verändert, paßt sich auch die Einschaltdauer des Transistors T und die Länge des Rechteckpulses (Fig. 4b) entsprechend an. Diese Technik an sich ist als PWM (Pulsweitenmodulation) bekannt.

Der Vorteil einer getakteten Stromregelung für LED-Stränge liegt vornehmlich im schnellen Ausgleich von Versorgungsschwankungen von  $U_{\text{Batt}}$  mittels PWM. Daher bleibt der Mittelwert des LED-Stroms ( $i_{\text{LED}}$ ) konstant. Es gibt also keine Helligkeitsveränderungen der LEDs bei Spannungsschwankungen mehr. Ein weiterer Vorteil ist der Schutz vor Zerstörung gegen überhöhte Temperatur, wie oben erläutert (in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur  $T_A$ ).

Die erfindungsgemäße Schaltung ermöglicht vorteilhaft eine detaillierte Abfrage der Betriebszustände von einzelnen LED-Strängen. Dies ermöglicht die einfache Fehlererkennung (Abfrage auf Kurzschluß, Unterbrechung) durch sequentielles Abtasten (sog. LED-SCANNING) der einzelnen LED-Stränge.

Hinzu kommt, daß der bisher notwendige große Vorwiderstand  $R_V$  für die Einstellung des Strom für den LED-Strang entfällt. Als Beispiel sei eine Autobatterie mit 12 V genannt, an der ein LED-Strang mit vier LEDs des Typs Power TOPLED ( $U = 2.1 \text{ V typ.}$ ) angeschlossen ist. Damit ergäbe sich bei einer konventionellen Stromeinstellung eine Verlustleistung im Stromeinstellungswiderstand  $R_V$  von etwa 250 mW. Dagegen ergibt sich mit der erfindungsgemäßen Anordnung eine Verlustleistung im Shuntwiderstand  $R_{\text{Shunt}}$  von lediglich etwa 5 mW (bei Stromeinstellung mit PWM), also eine Verringerung der Verlustleistung um den Faktor 50.

Ein weiterer Vorteil ist die einfache Strombegrenzung eines LED-Stranges unter Verwendung eines strombegrenzenden Halbleiterschalters (bevorzugt ein Transistor). Als Schalter kann auch ein strombegrenzender Leistungsschalter dienen, der automatisch dafür sorgt, daß der getaktete Durchlaßstrom  $I_F$  einen maximalen Grenzwert nicht überschreitet, beispielsweise einen Grenzwert von 1 A.

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung ist für unterschiedliche Anforderungen geeignet, beispielsweise für ein 12 V oder auch 42 V Bordnetz im Kfz.

Fig. 5 zeigt als Momentaufnahme ein Oszillogramm des getakteten Stromverlaufs der LED-Ansteuerschaltung für ein 12 V-Bordnetz. Es zeigt den Spitzenstrom  $i_{\text{LED}}$  durch die LEDs (Fig. 5a), der getaktet ist und etwa 229 mA erreicht. Die Pulsbreite ist etwa 30  $\mu\text{s}$ , die anschließende Totzeit 70  $\mu\text{s}$ . Daraus ergibt sich ein mittlerer Strom  $i_{\text{LED}}$  von 70 mA.

Des weiteren ist in Fig. 5b die zugehörige Taktfrequenz am Dreiecksgenerator gezeigt, seine Frequenz beträgt etwa

9,5 kHz (entsprechend etwa 100  $\mu\text{s}$  Pulsbreite). Die Regelspannung  $U_{\text{Regel}}$  ist als Gerade dargestellt (Fig. 5c), sie hat einen Wert von 3,2 V.

Der bisher notwendige große Vorwiderstand  $R_V$  zur Stromeinstellung ist somit entfallen. Dieser wird durch einen kleinen Meßwiderstand in der Größenordnung von  $R_{\text{Shunt}} = 1 \Omega$  ersetzt.

Schwankungen der Versorgungsspannung  $U_{\text{Batt}}$  werden jetzt kompensiert und der Durchlaßstrom  $I_F$  läßt sich einfach konstant regeln. Denn wenn sich der Wert der Versorgungsspannung ändert, ändert sich ebenfalls die Regelspannung  $U_{\text{Regel}}$  und damit die Einschaltzeit des Transistors. Durch diese Pulsweitenmodulation, bei der eine Zunahme der Versorgungsspannung eine Verkürzung der Transistoreinschaltzeit bewirkt (umgekehrt gilt das gleiche), wird automatisch immer auf einen konstanten Strom, der in Form einer Referenzspannung  $U_{\text{Ref}}$  am Regler eingestellt ist, geregelt (siehe Fig. 4a). Da also der Durchlaßstrom  $I_F$  im LED-Strang konstant ist, können sich auch keine Helligkeitsschwankungen bei veränderlichen Versorgungsspannungen mehr einstellen.

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung ermöglicht es, die Temperatur zu regeln. Nach Fig. 3 (am Beispiel der Power TOPLEDs) darf ja der maximale Durchlaßstrom  $I_F$  von hier 70 mA nicht über den gesamten zulässigen Temperaturbereich (bis  $T_A = 100^\circ\text{C}$  Umgebungstemperatur) konstant gehalten werden. Ab einer Umgebungstemperatur von  $T_A = 70^\circ\text{C}$  muß der Durchlaßstrom  $I_F$  verringert werden und bei  $T_A = 100^\circ\text{C}$  schließlich abgeschaltet werden. Zur Realisierung einer Temperaturregelung wird ein Temperaturfühler (bevorzugt in SMD-Bauform) auf die Platine im LED-Array mit aufgebracht und zwar an der zu erwartenden heißesten Stelle. Wird vom Temperaturfühler eine Umgebungstemperatur von mindestens  $T_A = 70^\circ\text{C}$  gemessen, erfolgt eine Verringerung des Durchlaßstroms  $I_F$  gemäß der Vorgabe im Datenblatt (Fig. 3). Bei einer Umgebungstemperatur  $T_A = 100^\circ\text{C}$  wird der Durchlaßstrom  $I_F$  abgeschaltet. Diese Maßnahme der Temperaturregelung ist erforderlich, um die Leuchtdioden vor thermischer Zerstörung durch Überhitzung zu schützen und somit ihre Lebensdauer nicht zu verkürzen.

Die Erkennung von Fehlfunktionen im LED-Strang fällt mit dieser Schaltungsanordnung leicht. Fällt ein LED-Strang in einem LED-Array (bestehend aus mehreren LED-Strängen) aus, kann es wichtig sein, diesen Ausfall sofort an eine Wartungsstelle zu melden. Besonders wichtig ist dies bei sicherheitstechnischen Einrichtungen, z. B. bei Ampelanlagen. Auch im Automobilbereich (PKW, LKW) ist es wünschenswert, über den momentanen Zustand der LEDs informiert zu werden, beispielsweise wenn die Rücklichter mit LEDs ausgerüstet sind.

Die bekanntesten Fehlerarten sind Unterbrechung und Kurzschluß. Die Fehlerart Kurzschluß kann bei LEDs praktisch ausgeschlossen werden. Wenn LEDs ausfallen, dann meistens durch eine Unterbrechung der Zuleitung. Eine Unterbrechung in einer LED ist vorwiegend auf Wärmeeinwirkung zurückzuführen. Die Ursache liegt in der Ausdehnung des Harzes (Epoxidharz als Teil des Gehäuses) unter Wärmeeinwirkung, so daß der darin eingebettete, sich unterschiedlich ausdehnende Bonddraht (Verbindungsleitung zwischen LED-Chip und Außenpin) abbricht.

Eine andere Möglichkeit der Zerstörung wird ebenfalls durch Wärmeeinwirkung hervorgerufen. Durch zu große Hitze erweicht das Harz (also das Material, aus dem das Gehäuse besteht) und wird zähflüssig. Der Chip kann sich lösen und beginnt zu wandern. Dadurch kann der Bonddraht ebenfalls reißen.

Generell sind also durch starke Wärmeeinwirkung mechanische Defekte (wie Bonddrahtriß) zu erwarten. Durch

eine Schaltung zur Unterbrechungserkennung in einem LED-Strang ist es möglich, das Auftreten eines Fehlers an einen Ausgang (z. B. Status-Pin bei einem Halbleiterbaustein) zu signalisieren. Logisch 1 (high) bedeutet beispielsweise Auftreten eines Fehlers, Logisch 0 (low) bedeutet ordnungsgemäßer Zustand.

Die erfindungsgemäße Ansteuerschaltung läßt sich als kompakter LED-Ansteuerbaustein (IC) realisieren, der sich durch die Möglichkeit der Konstantstromregelung des Durchlaßstroms ( $I_F = \text{const.}$ ) bei LEDs auszeichnet. Weitere Vorteile sind die externe und damit flexible Durchlaßstromeinstellung, die kleine Verlustleistung durch Schaltbetrieb (Entfallen des großen Vorwiderstandes  $R_V$ ), die Unterbrechungserkennung im LED-Strang und die Temperaturregelung zum Schutz der LEDs. Hinzu kommt die geringe Eigenstromaufnahme der LED-Ansteuerschaltung (sparsamer Standby-Betrieb).

Im Standby-Betrieb bleibt der LED-Ansteuerbaustein an Dauerplus (Batteriespannung im Kfz) angeschlossen, während er ausgeschaltet ist, d. h. es fließt kein Strom durch die LEDs. In diesem Zustand darf der Ansteuerbaustein nur geringen Eigenstrom (Eigenstromaufnahme geht gegen 0) aufnehmen, um die Batterie im Kfz nicht zu belasten. Das ist der Fall, wenn das Auto z. B. in der Garage abgestellt oder geparkt wird. Ein zusätzlicher Stromverbrauch würde hier die Batterie unnötig belasten. Ein- und ausgeschaltet wird der LED-Ansteuerbaustein über einen Logik-Eingang (ENABLE-Eingang).

Die Schaltungsanordnung läßt sich außerdem verpolfest ausführen und gegen Überspannung sichern. Eine Verpolschutzdiode sorgt für den Fall eines verkehrten Anschlusses das LED-Ansteuerbausteins an die Versorgungsspannung (Batterie) vor dessen Zerstörung. Eine Kombination von einer Zenerdiode und einer normalen Diode schützt den LED-Ansteuerbaustein zusätzlich vor Zerstörung durch Überspannungen am Versorgungsspannungs-Pin  $U_{\text{Batt}}$ .

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform wird zusätzlich noch ein Microcontroller-kompatibler ENABLE-Eingang (Logik-Eingang) bereitgestellt, der die Ansteuerung mit einem Microcontroller ermöglicht. Somit ist es möglich den Ansteuerbaustein (insbesondere eine integrierte Schaltung IC) für LEDs in ein Bussystem zu integrieren (beispielsweise CAN-Bus im Kfz, Insta-Bus für Hausinstallationstechnik).

#### Figuren

Im folgenden soll die Erfindung anhand mehrerer Ausführungsbeispiele näher erläutert werden. Es zeigen:

Fig. 1 eine bekannte Ansteuerung für LEDs,

Fig. 2 ein weiteres Ausführungsbeispiel einer bekannten Ansteuerung für LEDs,

Fig. 3 die Abhängigkeit des Durchlaßstroms einer LED von der Umgebungstemperatur,

Fig. 4 das Grundprinzip einer getakteten Stromregelung für LED (Fig. 4a) nebst einer Erläuterung des Spitzenstroms und Mittelwerts (Fig. 4b),

Fig. 5 den Stromverlauf einer getakteten Stromregelung für LED,

Fig. 6 eine getaktete Stromregelung mit Unterbrechererkennung,

Fig. 7 die Realisierung einer Unterbrechererkennung für einen LED-Strang,

Fig. 8 Blockschaltbild einer LED-Ansteuerschaltung.

#### Beschreibung der Zeichnungen

Die Fig. 1 bis 5 wurden bereits oben beschrieben.

Ein Ausführungsbeispiel (gesamtes Blockschaltbild) für die Realisierung einer Unterbrechungserkennung zeigt Fig. 6. Die Detektion einer Unterbrechung im LED-Strang kann über die direkte Überwachung der Regelspannung  $U_{\text{Regel}}$  mittels eines Unterbrechungserkenners (siehe hierzu im Detail Fig. 7) erfolgen. Im Falle einer Unterbrechung ist die Regelspannung Null ( $U_{\text{Regel}} = 0$ ). Über eine Auswerteschaltung A (Fig. 8) kann dieser Fehlerfall an einem Ausgang (Status-Pin) angezeigt werden.

Günstig ist es, diesen Ausgang als Open-Collector Schaltung auszuführen (Fig. 8), da dann der Anwender der Schaltung, der später den LED-Ansteuerbaustein (IC) verwendet, von der Ausgangssignalhöhe unabhängig ist. Die Schaltung des Status-Ausgangs besitzt als Endstufe einen Transistor, dessen Kollektor offen ist (also keinen Pull-up-Widerstand besitzt). Der Kollektor des Transistors führt direkt an den Status-Pin des LED-Ansteuerbausteins (Fig. 8). Wird an den Kollektor des Transistors  $T_{OC}$  ein externer Pull-up-Widerstand  $R_P$  angeschlossen, kann dieser mit einer beliebigen Spannung  $V_{cc}$  verbunden werden. Die Ausgangssignalhöhe hängt demnach von der Spannung  $V_{cc}$  ab, an die der Pull-up-Widerstand  $R_P$  angeschlossen ist.

Die technische Realisierung einer Unterbrechungserkennung im LED-Strang ist in Fig. 7 gezeigt. Die Unterbrechungserkennung im LED-Strang funktioniert nach dem Prinzip des Ab tastens (Scannen) einer Spannung (hier: Regelspannung  $U_{\text{Regel}}$ ). Die Regelspannung  $U_{\text{Regel}}$  besitzt einen Minimalwert, der so groß ist wie die kleinste Spannung  $U_{D_{\min}}$  des Dreiecksgenerators. Wie aus Fig. 5 hervorgeht, liegt sie bei etwa 2 V. Dabei ist vorausgesetzt, daß die Regelung aktiv ist und keine Unterbrechung im LED-Strang herrscht. Im Falle einer Unterbrechung im LED-Strang hat die Regelspannung den Wert 0 Volt ( $U_{\text{Regel}} = 0 \text{ V}$ ).

Fig. 7 zeigt das komplette Blockschaltbild der Unterbrechungserkennung im LED-Strang nach dem Prinzip des Ab tastens einer Spannung. Vom internen Oszillator (OSZ), der mit einer bestimmten Frequenz läuft (hier: ca. 9,5 kHz), wird der Takt (als Rechteck-Spannung  $U_R$ ) auf einen n-bit Binärzähler (COUNTER) gegeben. Je nachdem, wieviele LED-Stränge (und dementsprechend wieviele Regelspannungen  $U_{\text{Regel}}$ ) abgetastet werden sollen, hat die Auslegung des Binärzählers zu erfolgen. Beispielfhaft wird ein 3-bit-Binärzähler (für Adressen von 0 bis 7) verwendet. Mit ihm können also bis zu 8 Regelspannungen  $U_{\text{Regel}}$  abgetastet werden.

Das 3-bit-Binärmuster des Zählers steuert einen Analogmultiplexer (MUX), der (abhängig vom anliegenden Binärwort) alle Regelspannungen  $U_{\text{Regel}1,2 \dots}$  nacheinander abtastet und sie der Reihe nach am Ausgang zur Verfügung stellt. Die kleinste Regelspannung  $U_{\text{Regel}_{\min}}$  (Regelung aktiv und keine Unterbrechung im LED-Strang) entspricht dem Minimalwert der Dreiecksspannung  $U_{D_{\min}}$ .

Um ein "Low-Signal" der Regelspannung  $U_{\text{Regel}}$  (entsprechend 0 Volt, Unterbrechung im LED-Strang) erfolgreich zu detektieren und es für die anschließende Speicherung in einem Speichermedium, beispielsweise einem Flip-Flop (FF) vorzubereiten, wird am Ausgang des Analogmultiplexers (MUX) ein Komparator (COMP) eingefügt. Dessen Umschaltsschwelle  $U_{\text{SW}}$  muß kleiner sein als der Minimalwert der Dreiecksspannung  $U_D$ , also  $U_{\text{SW}} < U_{D_{\min}}$ .

Wird jetzt ein "Low-Signal" bei einer abgetasteten Regelspannung  $U_{\text{Regel}}$  detektiert, wird am Komparatorausgang ein "High-Signal" gesetzt. Dieses High-Signal wird dann im Flip-Flop (FF) solange gespeichert, bis der Fehler (Unterbrechung im LED-Strang) wieder behoben ist.

Der Statusausgang (Status = Ausgang des FF) hat folgende Bedeutung:

High-Signal = Unterbrechung in einem LED-Strang  
Low-Signal = keine Unterbrechung

Ein Reset des Flip-Flops FF und damit des Statusausgangs erfolgt erst, wenn der LED-Ansteuerbaustein ausgeschaltet wird, d. h. wenn eine Fehlerbehebung im LED-Strang stattfindet.

Das Rücksetzen (Reset) des Statusausgangs kann auf 2 Arten geschehen:

- Ausschalten des LED-Ansteuerbausteins (IC) über ENABLE-Eingang. Der LED-Ansteuerbaustein (IC) ist über diesen Ausgang in einem System zusammen mit einem Microcontroller ( $\mu C$ ) integriert (Fig. 8). Im Kfz-Bereich kann die Ansteuerung z. B. über CAN-Bus erfolgen.
- Abklemmen der Versorgungsspannung am LED-Ansteuerbaustein (IC). Wird der ENABLE-Eingang nicht benötigt, ist dieser mit der Batteriespannung zu verbinden. In einfachen Systemen ohne Microcontroller-Ansteuerung ist diese Methode anzuwenden.

Die Schaltungsanordnung für Verpolfestigkeit und Überspannungsschutz ist ebenfalls in Fig. 8 (Blockschaltbild des LED-Ansteuerbausteins) dargestellt. Eine Verpolschutzdiode zwischen externer ( $U_{Bat}$ ) und interner Spannungsversorgung sorgt für den Fall eines verkehrten Anschlusses des LED-Ansteuerbausteins an die Versorgungsspannung (Batterie) vor dessen Zerstörung. Der Überspannungsschutz wird mit einer Zenerdiode in Kombination mit einer gegenpolten Diode realisiert.

Der IC enthält außerdem einen Anschlußpin für einen Temperatursensor (beispielsweise ein NTC) und einen Pin für den Anschluß einer Stromreferenz sowie zwei Pins zum Anschluß des LED-Strangs.

Eine externe und damit flexible Einstellung (Programmierung) des Durchlaßstromes  $I_F$  eines LED-Strangs ist dadurch realisiert, daß erstens ein interner Pull-up-Widerstand  $R_i$  mit der internen Spannungsversorgung  $U_V$  des IC und mit einem Eingang für eine LED-Stromreferenz verbunden ist, so daß ein externer Widerstand  $R_{ext}$  gegen Masse mit dem internen Pull-up-Widerstand  $R_i$  einen Spannungsteiler bildet und sich so die gewünschte Durchlaßstromstärke  $I_F$  einstellt, und daß zweitens am Eingang für die LED-Stromreferenz eine Gleichspannung, die bis zur maximalen Durchlaßstromstärke  $I_F$  eingestellt werden kann, zur Verfügung gestellt wird, die als Maß für die Durchlaßstromstärke  $I_F$  dient.

Eine Logikansteuerung des Bausteins (IC) ist dadurch realisiert, daß über einen Eingang (ENABLE) ein logischer Signalpegel (low oder high) den Baustein aus- oder einschaltet.

Eine Fehlermeldung über einen STATUS-Ausgang ist dadurch realisiert, daß dieser Ausgang einen offenen Kollektor ("Open Collector" für bipolare Integration) oder auch ein offenes Drain (Open Drain für CMOS Integration) besitzt und durch Anschluß eines externen Pullup-Widerstandes  $R_P$  die Ausgangssignalhöhe für den Fehlersignalpegel (high-Signal) frei definiert werden kann.

#### Patentsprüche

1. Ansteuerschaltung für LED und zugehöriges Betriebsverfahren, insbesondere für ein LED-Array, bestehend aus einem oder mehreren Strängen von LEDs, wobei ein Strang aus mehreren in Serie angeordneten LEDs besteht, die an eine Versorgungsspannung ( $U_{Bat}$ ) angeschlossen sind, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen LED-Strang und Versorgungsspannung ein

Halbleiterschalter (T) in Serie angeordnet ist, der es ermöglicht, den LED-Strom getaktet zuzuführen, und daß ein Zweig für den Durchlaßstrom  $I_F$ , insbesondere zwischen LEDs und Masse, ein Mittel zum Messen des Stroms  $I_F$ , insbesondere ein Meßwiderstand ( $R_{Shunt}$ ), in Serie zu den LEDs angeordnet ist, wobei ein Regelkreis den Halbleiterschalter (T) so regelt, daß ein konstanter Mittelwert des LED-Stroms erzielt wird.

2. Ansteuerschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Halbleiterschalter ein Transistor (T) ist.

3. Ansteuerschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Regelkreis ein Integrationsglied umfaßt.

4. Ansteuerschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Regelkreis einen Komparator umfaßt, der das Signal eines Frequenzgenerators mit der Regelspannung ( $U_{Regel}$ ) vergleicht.

5. Ansteuerschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Regelkreis einen Regler umfaßt, der den IST-Wert des Mittelwertes des LED-Stroms mit einem Sollwert vergleicht.

6. Ansteuerschaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelspannung ( $U_{Regel}$ ) von einem Mittel zur Unterbrechungserkennung überwacht wird.

7. Ansteuerschaltung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere LED-Stränge dadurch überwacht werden, daß der Frequenzgeber (OSZ) seinen Takt auf einen Binärzähler gibt, der einen Analogmultiplexer (MUX) steuert, der die Regelspannungen ( $U_{Regel1}, 2, \dots$ ) aller LED-Stränge abtastet.

8. Ansteuerschaltung nach Anspruch 7 dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgangssignal des Multiplexers über einen Komparator (COMP) an ein Speichermedium (FF) gegeben wird.

9. Ansteuerschaltung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß sie als integrierter Baustein (IC) realisiert ist.

10. Baustein nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine externe und damit flexible Einstellung (Programmierung) des Durchlaßstromes  $I_F$  eines LED-Strangs dadurch realisiert ist, daß erstens ein interner Pull-up-Widerstand  $R_i$  mit der internen Spannungsversorgung ( $U_V$ ) des Bausteins (IC) und mit einem Eingang für eine LED-Stromreferenz verbunden ist, so daß ein externer Widerstand ( $R_{ext}$ ) gegen Masse mit dem internen Pull-up-Widerstand ( $R_i$ ) einen Spannungsteiler bildet und sich so die gewünschte Durchlaßstromstärke  $I_F$  einstellt, und daß zweitens am Eingang für die LED-Stromreferenz eine Gleichspannung, die bis zur maximalen Durchlaßstromstärke  $I_F$  eingestellt werden kann, zur Verfügung gestellt wird, die als Maß für die Durchlaßstromstärke  $I_F$  dient.

11. Baustein nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Logikansteuerung des Bausteins (IC) dadurch realisiert ist, daß über einen Eingang (ENABLE) ein logischer Signalpegel (low oder high) den Baustein aus- oder einschaltet.

12. Baustein nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Fehlermeldung über einen STATUS-Ausgang dadurch realisiert ist, daß dieser Ausgang einen offenen Kollektor ("Open Collector" für bipolare Integration) oder ein offenes Drain (Open Drain für CMOS Integration) besitzt und durch Anschluß eines externen Pullup-Widerstandes  $R_P$  die Ausgangssignalhöhe für den Fehlersignalpegel (high-Signal) frei definiert werden kann.

13. Baustein nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schutz gegen Verpolung bei Anschluß des Bausteins (IC) an eine Versorgungsspannung (z. B. Kfz-Batterie) dadurch realisiert ist, daß eine Verpolungsschutzdiode die internen Schaltkreise des Bausteins schützt. 5

14. Baustein nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein Schutz gegen auftretende Überspannungen am Eingang für die Versorgungsspannung dadurch realisiert ist, daß am Eingangs-Pin für die Versorgungsspannung ( $U_{\text{Batt}}$ ) eine Kombination aus Zenerdiode und gegengepolter Diode wirksam ist. 10

15. Verfahren zum Betreiben einer LED, insbesondere eines LED-Stranges oder -Array, dadurch gekennzeichnet, daß der LED-Durchlaßstrom  $I_F$  mittels eines schnellen Halbleiterschalters (Transistor T) getaktet wird, und daß der IST-Wert des Mittelwertes des LED-Stroms mit einem externen Sollwert über einen Regler verglichen wird, wobei die Regelung durch Pulsweitenmodulation erfolgt. 15 20

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Ausgangssignal des Reglers mit dem Signal eines Frequenzgenerators (OSZ), insbesondere eines Dreiecksgenerators, verglichen wird. 25

17. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Regelsignal von einem Mittel zur Unterbrechungserkennung, insbesondere einem Flip-Flop (FF) oder mittels LED-Scanning, überwacht wird. 30

18. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß eine temperaturabhängige Regelung des Durchlaßstroms der LEDs dadurch realisiert ist, daß über einen Sensoreingang ein temperaturführendes Element (insbesondere ein NTC) anschließbar ist und oberhalb eines bestimmten Schwellwerts der Umgebungstemperatur  $T_A$  der Durchlaßstrom  $I_F$  nach einer vorgegebenen Kennlinie zurückgeregt wird. 35

19. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß ein Betrieb der Schaltung mit unterschiedlichen Versorgungsspannungen möglich ist, indem die interne Spannungsversorgung sich aus jeder Eingangsspannung ( $U_{\text{Batt}}$ ) eine stabile interne Versorgungsspannung erzeugt. 40

---

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen

---

45

50

55

60

65



- Leerseite -

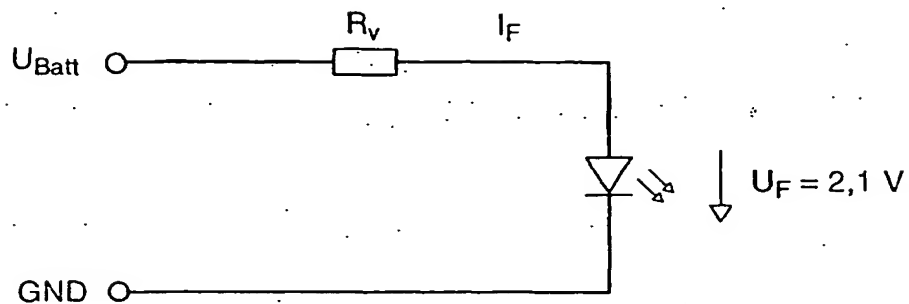


FIG. 1 (Stand der Technik)

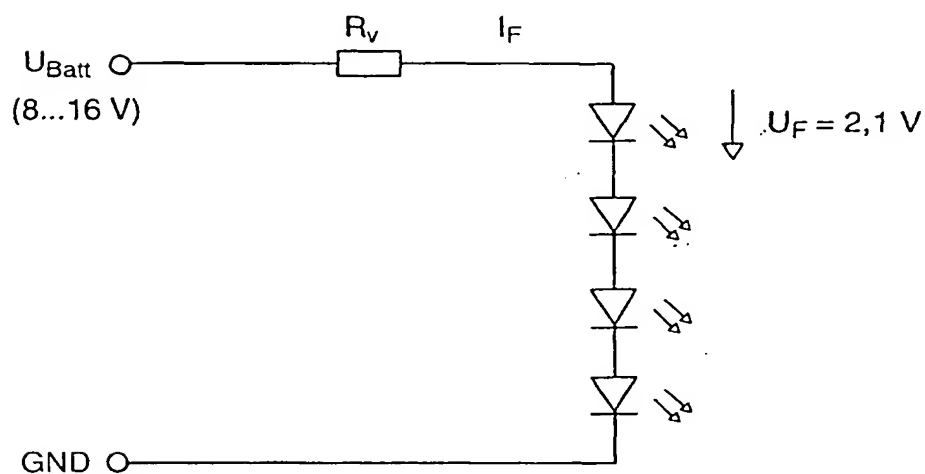


FIG. 2 (Stand der Technik)

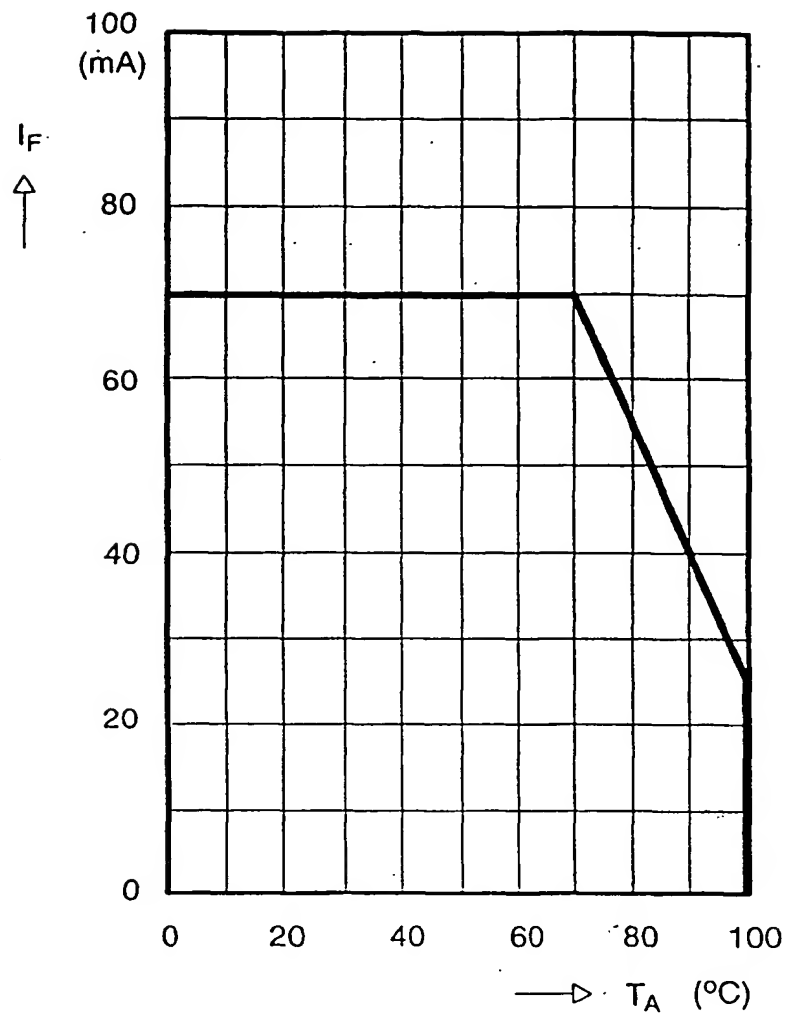
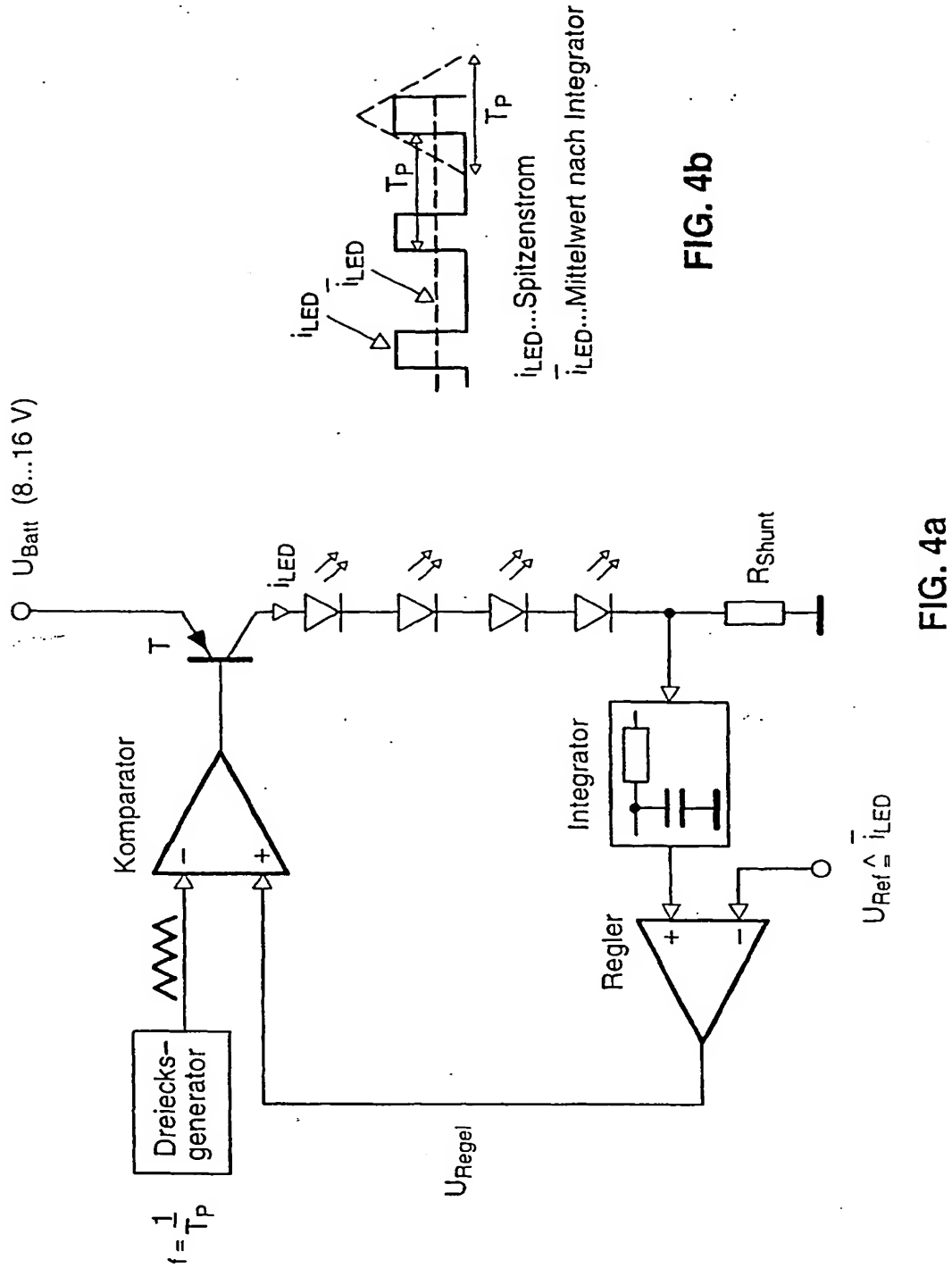


FIG. 3



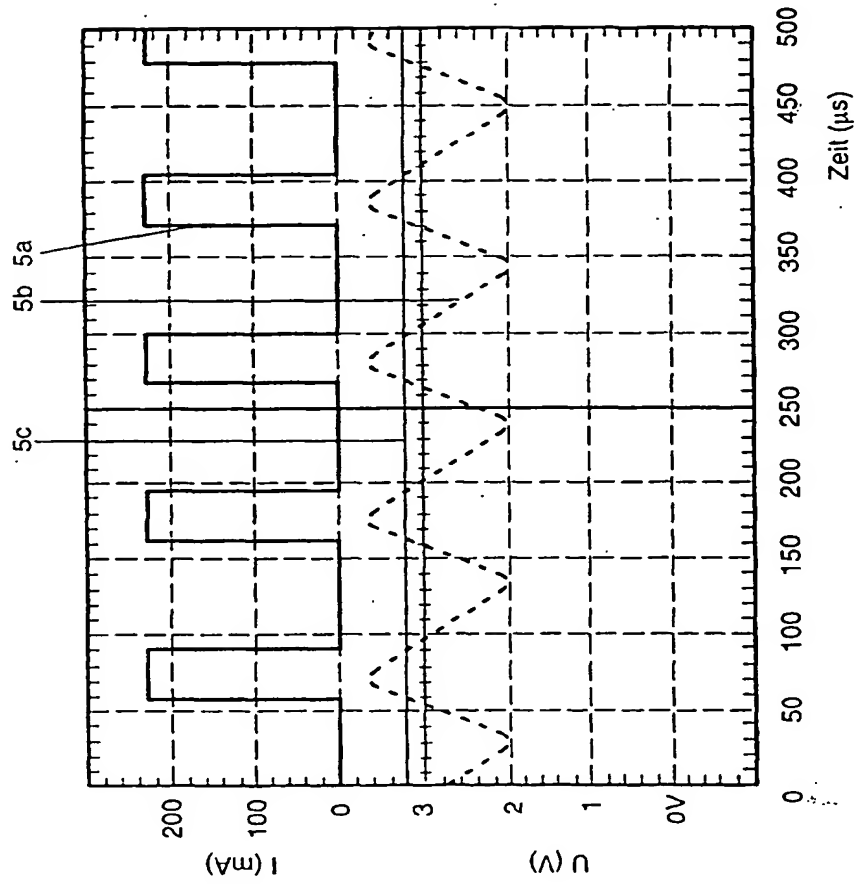


FIG. 5

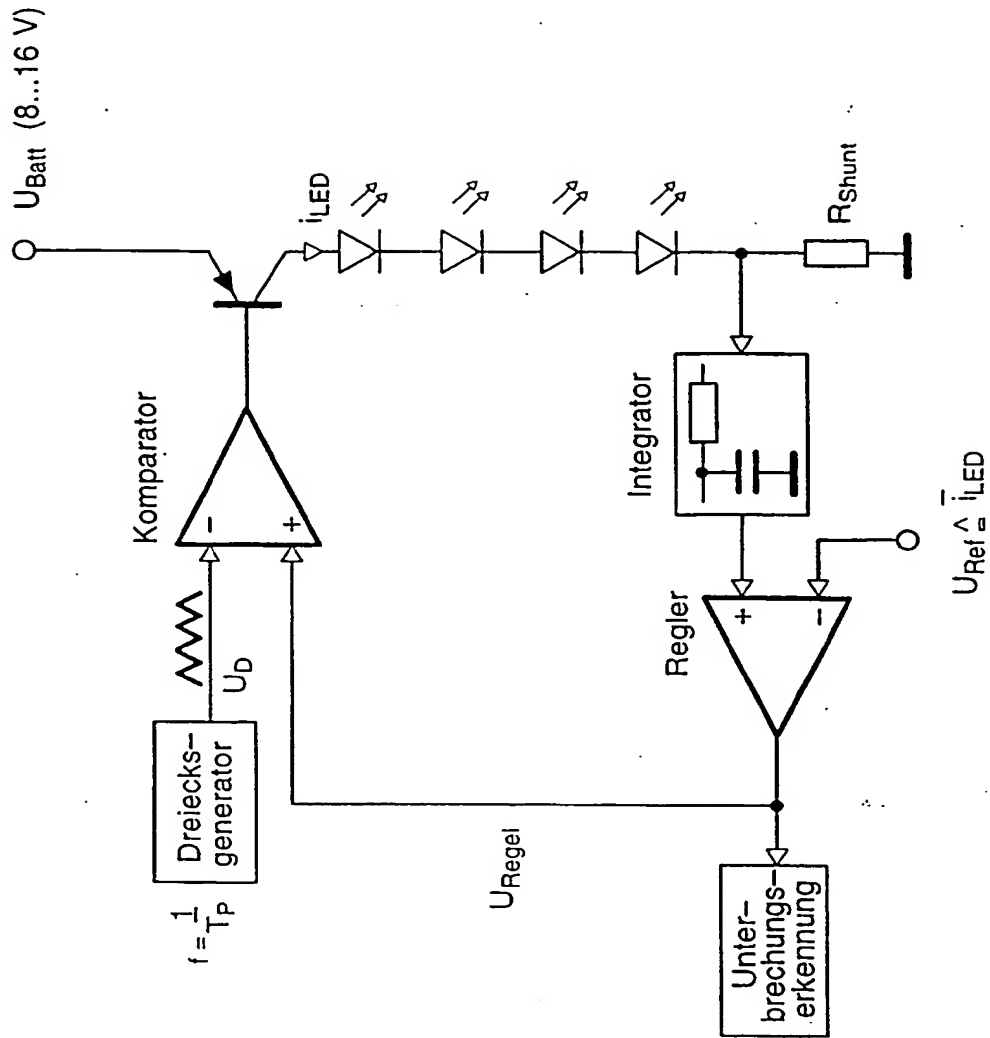
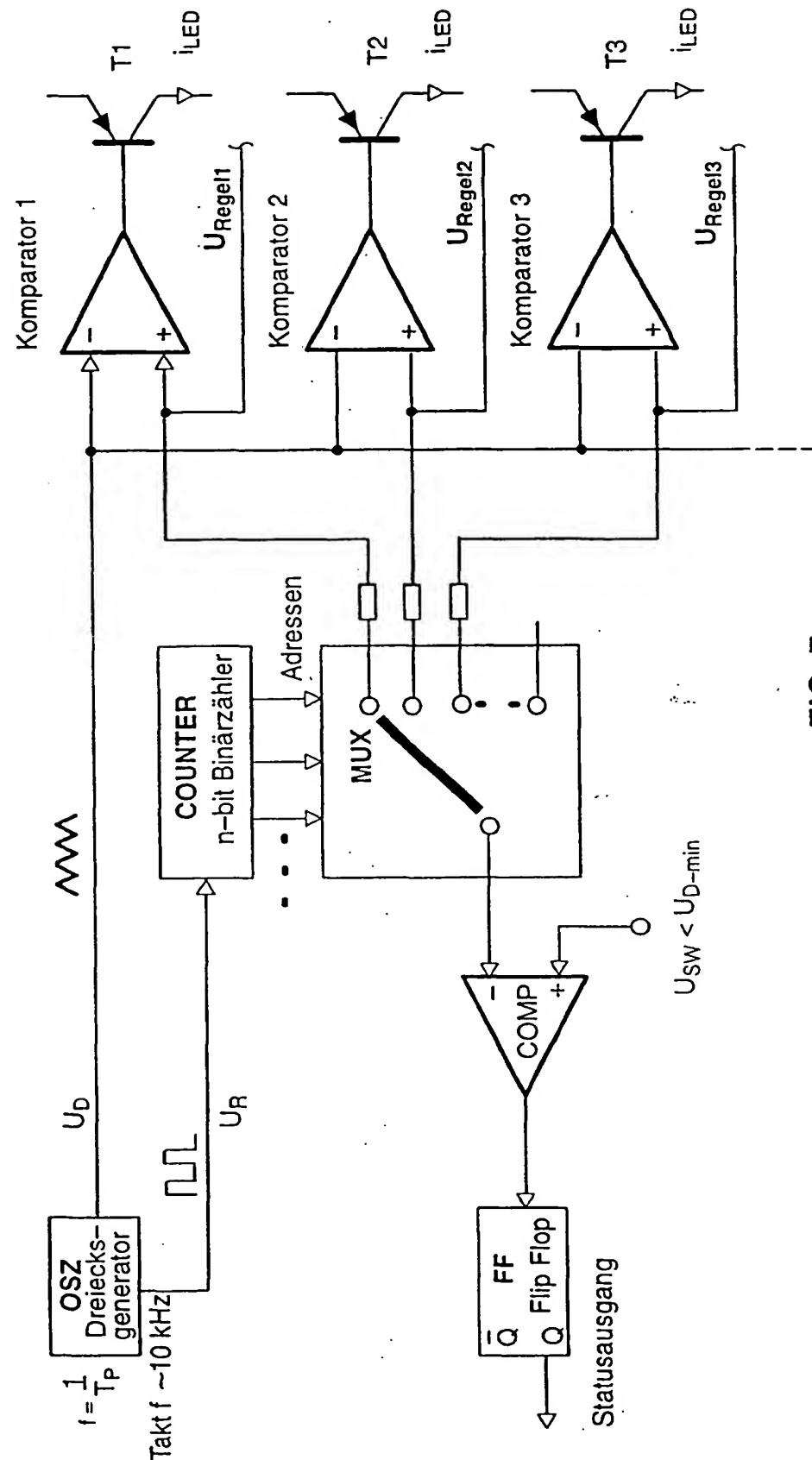
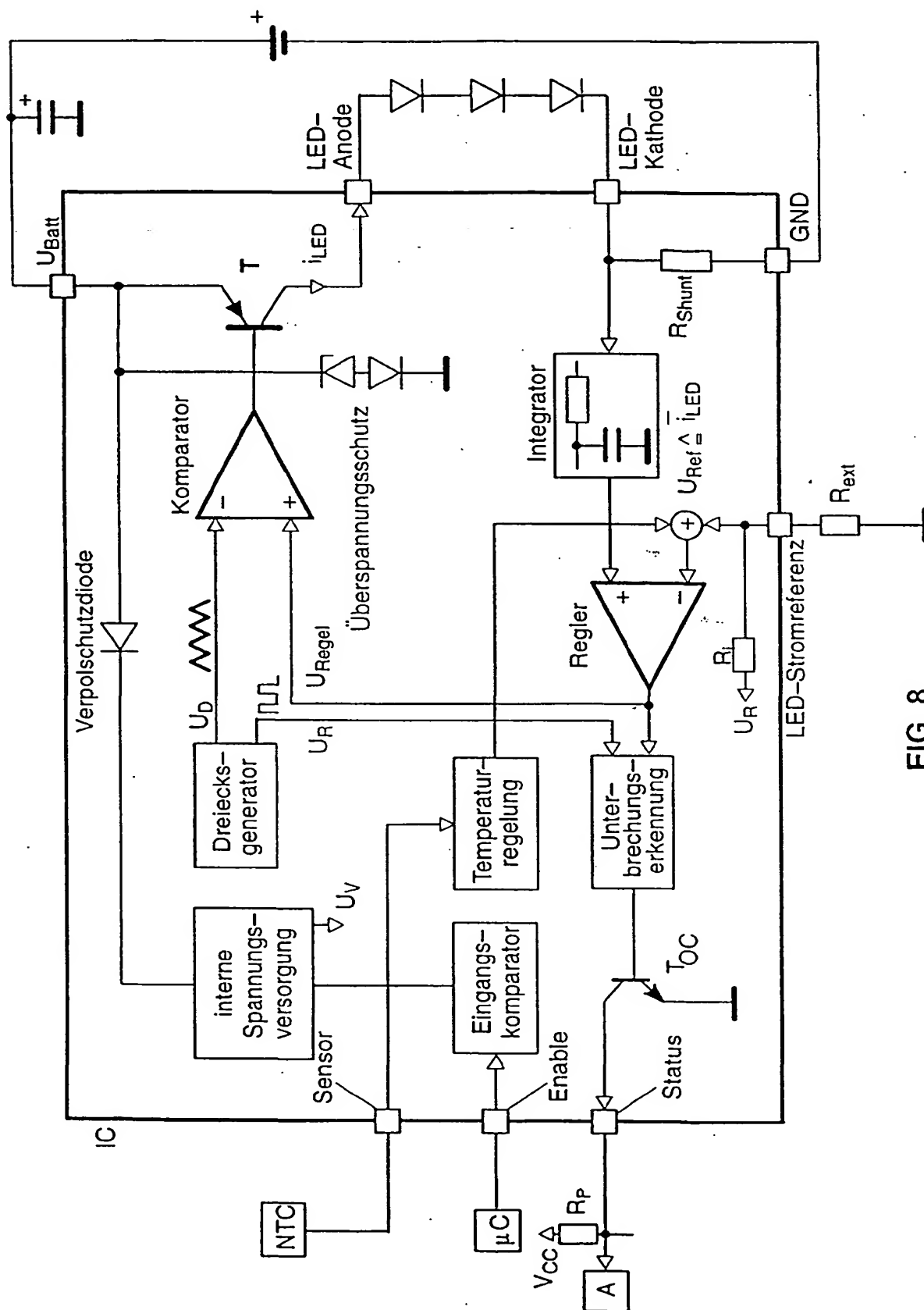


FIG. 6



**FIG. 7**



**FIG. 8**